



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 198 45 104 A 1

⑯ Int. Cl. 7:  
**H 01 L 35/32**  
H 01 L 35/14  
H 01 L 35/04

⑯ Aktenzeichen: 198 45 104.0  
⑯ Anmeldetag: 30. 9. 1998  
⑯ Offenlegungstag: 6. 4. 2000

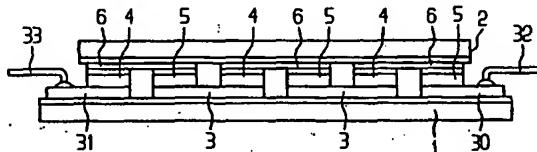
⑯ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑯ Erfinder:  
Schlereth, Karl-Heinz, Dr., 93133 Burglengenfeld, DE;  
Böttner, Harald, Dr., 79108 Freiburg, DE;  
Schubert, Axel, 81543 München, DE; Acklin, Bruno, Dr., 93059 Regensburg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑯ Verfahren zum Herstellen eines thermoelektrischen Wandlers

⑯ Verfahren zum Herstellen eines thermoelektrischen Wandlers mit einer Mehrzahl von in Reihe geschalteten Thermoelementzellen, die mittels einer Mehrzahl von ersten elektrischen Leiterbahnen (3) seriell miteinander verbunden sind, und von denen jede einen ersten Körper (4) aus thermoelektrischem Material eines ersten Leitungstyps und einen zweiten Körper (5) aus thermoelektrischem Material eines zweiten Leitungstyps aufweist. Die Thermoelementzellen werden mittels halbleitertechnologischer Verfahrensschritte hergestellt.



DE 198 45 104 A 1

DE 198 45 104 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines thermoelektrischen Wandlers.

In der DE 39 35 610 A1 ist ein Peltier-Kühler beschrieben, der eine Zusammenschaltung von n- und p-dotierten Halbleitersegmenten aufweist, die mit Hilfe von Metallbrücken untereinander verbunden sind. Die Metallbrücken sind hierbei auf  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Substraten aufgebracht und die Halbleitersegmente sind bei einem dieser Substrate auf die dort vorhandenen Metallbrücken aufgedampft. Derartige Peltier-Kühler weisen eine Baugröße im Zentimeter-Bereich auf und sind nicht ohne Weiteres miniaturisierbar, so daß die Leistungsdichte sehr gering ist. Weiterhin besitzen die  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Substrate eine sehr geringe thermische Leitfähigkeit, wodurch die Effektivität derartiger Peltierkühler beeinträchtigt ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Herstellen eines thermoelektrischen Wandlers der eingangs genannten Art zu entwickeln, das eine höhere Integrationsdichte der Thermoelementzellen erlaubt und dadurch die Herstellung von thermoelektrischen Bauelementen mit höherer Leistungsdichte ermöglicht und bei dem kostengünstige Prozesse eingesetzt werden.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 10.

Mittels dem Verfahren gemäß der Erfindung wird ein thermoelektrischer Wandler hergestellt, der eine Mehrzahl von in Reihe geschalteten Thermoelementzellen aufweist, die mittels einer Mehrzahl von ersten elektrischen Leiterbahnen seriell miteinander verbunden sind, und von denen jede einen ersten Körper aus thermoelektrischem Material eines ersten Leitungstyps und einen zweiten Körper aus thermoelektrischem Material eines zweiten Leitungstyps aufweist, die mittels einer zweiten elektrischen Leiterbahn miteinander verbunden sind und die sandwichartig zwischen einem ersten und einem zweiten elektrisch isolierenden oder einer elektrisch isolierende Schicht aufweisenden Substratwafer angeordnet sind.

Bei dem Verfahren werden auf einer Hauptfläche des ersten Substratwafers die ersten elektrischen Leiterbahnen ausgebildet. Auf einer Hauptfläche des zweiten Substratwafers werden die zweiten elektrischen Leiterbahnen erzeugt. Bei mindestens einem der beiden Substratwafers wird auf derselben Seite, auf der die Leiterbahnen erzeugt werden, mindestens eine Schicht aus thermoelektrischem Material aufgebracht. Diese wird mittels Photomaskentechnik und Ätzen strukturiert, derart, daß die ersten und zweiten Körper der Thermoelementzellen entstehen.

Nach dem Prozessieren der beiden Substratwafers werden diese z. B. mittels Thermokompression, Löten, Kleben oder anodischem Bonden zu einem Sandwichverbund zusammengefügt, bei dem die ersten und die zweiten Körper zwischen den beiden Substratwafers angeordnet und mittels der ersten und zweiten elektrischen Leiterbahnen zu seriell verschalteten Thermoelementzellen verbunden sind.

Jeweils ein erster und ein zweiter Körper sind auf einer ersten Seite mittels einer ersten Leiterbahn zu einer Thermoelementzelle verbunden, die auf einer der ersten Seite gegenüberliegenden zweiten Seite der ersten und zweiten Körper mittels der zweiten Leiterbahnen seriell miteinander verschaltet sind.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform zum Erzeugen der ersten und zweiten Leiterbahnen und der ersten und zweiten Körper wird zunächst auf die Hauptfläche des ersten Substratwafers eine erste elektrisch leitfähige Schicht

aufgebracht. Nachfolgend wird auf diese elektrisch leitfähige Schicht eine Schicht aus thermoelektrischem Material abgeschieden, in der dann eine Mehrzahl von dotierten Gebieten des ersten Leitungstyps und eine Mehrzahl von dotierten Gebieten des zweiten Leitungstyps ausgebildet werden.

Nachfolgend wird die Schicht aus thermoelektrischem Material mittels Photomaskentechnik und Ätzen zu ersten und zweiten Körpern strukturiert; d. h. auf der ersten elektrisch leitfähigen Schicht verbleiben nach der Strukturierung voneinander getrennte erste und zweite Körper.

Nach diesem Prozeßschritt wird die erste elektrisch leitfähige Schicht beispielsweise wiederum mittels Photomaskentechnik und Ätzen zu ersten Leiterbahnen strukturiert, die jeweils auf einer Seite der Körper einen ersten und einen zweiten Körper miteinander verbinden, so daß ein Mehrzahl von voneinander getrennten Thermoelementzellen entstehen.

Die erste elektrisch leitfähige Schicht kann aber auch bereits vor dem Aufbringen der Schicht aus thermoelektrischem Material zu ersten Leiterbahnen strukturiert werden.

Vor, während oder nach diesen Schritten wird auf die Hauptfläche des zweiten Substratwafers eine zweite elektrisch leitfähige Schicht aufgebracht, die nachfolgend beispielweise wiederum mittels Photomaskentechnik und Ätzen zu zweiten Leiterbahnen strukturiert wird, die im Sandwichverbund die Thermoelementzellen seriell miteinander verbinden.

Das Zusammenfügen der beiden Wafer zum Sandwichverbund erfolgt wie weiter oben bereits angegeben.

Bei einem anderen bevorzugten Ausführungsform zum Erzeugen der ersten und zweiten Leiterbahnen und der ersten und zweiten Körper wird eine erste elektrisch leitfähige Schicht auf die Hauptfläche des ersten Substratwafers aufgebracht. Dem folgt ein Aufbringen einer ersten Schicht aus thermoelektrischem Material, das vom ersten Leitungstyp ist, auf die erste elektrisch leitfähige Schicht.

Diese erste Schicht aus thermoelektrischem Material wird nachfolgend mittels Photomaskentechnik und Ätzen strukturiert, derart, daß auf der ersten elektrisch leitfähigen Schicht eine Mehrzahl von voneinander getrennten ersten Körpern entstehen.

Nach diesem Prozeßschritt wird die erste elektrisch leitfähige Schicht beispielsweise wiederum mittels Photomaskentechnik und Ätzen zu ersten Leiterbahnen strukturiert.

Auch hier kann die erste elektrisch leitfähige Schicht aber auch bereits vor dem Aufbringen der ersten Schicht aus thermoelektrischem Material zu ersten Leiterbahnen strukturiert werden.

Vor, während oder nach diesen Prozeßschritten wird auf die Hauptfläche des zweiten Substratwafers eine zweite elektrisch leitfähige Schicht aufgebracht, auf der eine zweite Schicht aus thermoelektrischem Material, das vom zweiten Leitungstyp ist, abgeschieden wird.

Diese zweite Schicht aus thermoelektrischem Material wird dann mittels Photomaskentechnik und Ätzen strukturiert, derart, daß auf der zweiten elektrisch leitfähigen Schicht eine Mehrzahl von voneinander getrennten zweiten Körpern entstehen.

Nachfolgend wird die zweite elektrisch leitfähige Schicht beispielsweise wiederum mittels Photomaskentechnik und Ätzen zu zweiten Leiterbahnen strukturiert.

Die zweite elektrisch leitfähige Schicht kann auch bereits vor dem Aufbringen der zweiten Schicht aus thermoelektrischem Material zu zweiten Leiterbahnen strukturiert werden.

Das Zusammenfügen der beiden Wafer zu einem Sandwichverbund mit seriell verschalteten Thermoelementzellen

erfolgt wie weiter oben bereits angegeben.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform zum Erzeugen der ersten und zweiten Leiterbahnen und der ersten und zweiten Körper wird wieder eine erste elektrisch leitfähige Schicht auf die Hauptfläche des ersten Substratwafers aufgebracht. Dem folgt ein Aufbringen einer ersten Schicht aus thermoelektrischem Material, das vom ersten Leitungstyp ist, auf die erste elektrisch leitfähige Schicht.

Auf diese erste elektrisch leitfähige Schicht wird dann eine erste Schicht aus thermoelektrischem Material abgeschieden, das vom ersten Leitungstyp ist. Diese erste Schicht wird nachfolgend mittels Photomaskentechnik und Ätzen strukturiert, derart, daß eine Mehrzahl von ersten Körpern auf der ersten elektrisch leitfähigen Schicht entstehen.

Auf diese ersten Körper und auf die zwischen den ersten Körpern liegende freie Oberfläche der ersten elektrisch leitfähigen Schicht wird dann eine zweite Schicht aus thermoelektrischem Material aufgebracht, die vom zweiten Leitungstyp ist. Diese zweite Schicht wird nachfolgend wiederum mittels Photomaskentechnik und Ätzen strukturiert, derart, daß auf der freien Oberfläche der ersten elektrisch leitfähigen Schicht eine Mehrzahl von zweiten Körpern entstehen.

Die erste elektrisch leitfähige Schicht kann vor oder nach dem dem Aufbringen der ersten und zweiten Schicht aus thermoelektrischem Material zu ersten Leiterbahnen strukturiert werden.

Vor, während oder nach diesen Prozeßschritten wird auf die Hauptfläche des zweiten Substratwafers eine zweite elektrisch leitfähige Schicht aufgebracht, die nachfolgend zu zweiten Leiterbahnen strukturiert wird.

Das Zusammenfügen der beiden Wafer zu einem Sandwichverbund mit seriell verschalteten Thermoelementzellen erfolgt hier wiederum wie weiter oben bereits angegeben.

Der besondere Vorteil der oben genannten Verfahren besteht darin, daß zur Herstellung der ersten und zweiten Leiterbahnen und der ersten und zweiten Körper Prozesse der Halbleittertechnik eingesetzt werden können. Dadurch lassen sich sowohl die Integrationsdichte der Thermoelementzellen als auch die Herstellkosten für thermoelektrische Wandler erheblich senken. Letzteres ist dadurch bedingt, daß herkömmliche und etablierte Prozesse der Halbleittertechnik, die für die Massenfertigung von Halbleiterchips verwendet werden, eingesetzt werden.

Die nach dem erfundungsgemäßen Verfahren hergestellten thermoelektrischen Wandler können vorteilhafterweise auf einfache Weise zusammen mit Elementen der Mikroelektronik und/oder Mikrosystemtechnik auf ein und demselben Chip integriert werden.

Mit dem erfundungsgemäßen Verfahren können die ersten und die zweiten Körper auf einfache Weise aus Vielschichtsystemen hergestellt werden, die aus einer Vielzahl von dünnten Schichten unterschiedlicher Materialzusammensetzung bestehen. Dadurch kann vorteilhafterweise durch die Verwendung von exakt aufeinander abgestimmten Schichtfolgen die Leistungsfähigkeit von thermoelektrischen Wandlern erhöht werden.

Im Folgenden werden in Verbindung mit den Fig. 1a bis 4c drei Ausführungsbeispiele der Erfindung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a bis 1g eine schematische Darstellung des Verfahrensablaufes gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 2a bis 2i eine schematische Darstellung des Verfahrensablaufes gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

Fig. 3a bis 3h eine schematische Darstellung des Verfahrensablaufes gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel, und

Fig. 4a bis 4c räumliche Darstellungen eines thermoelek-

trischen Wandlers, der nach einem der Ausführungsbeispiele hergestellt ist.

In den Figuren sind gleiche oder gleichwirkende Bestandteile jeweils mit denselben Bezugssymbolen versehen.

Bei dem in den Fig. 1a bis 1g dargestellten Ausführungsbeispiel wird zunächst auf einer Hauptfläche 8 eines ersten Substratwafers 1 eine erste elektrisch leitfähige Schicht 10 hergestellt. Diese besteht z. B. aus einer Metallschicht, aus einer Metallschichtfolge oder aus einer hochdotierten und damit hochleitfähigen Halbleiterschicht (z. B. diffundiertes Silizium).

Der erste Substratwafer 1 hat insgesamt eine geringe elektrische Leitfähigkeit und besteht beispielsweise aus semiisolierendem Silizium oder weist auf der Seite der Hauptfläche 8 eine elektrisch isolierende Schicht 14 (z. B. eine Si-Oxid- oder Si-Nitridschicht) auf.

Auf der ersten elektrisch leitfähigen Schicht 10 wird eine Schicht 11 aus thermoelektrischem Material abgeschieden (z. B. Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>, PbTe, Si, Ge etc.) (Fig. 1a), in der nachfolgend mittels Photomaskentechnik und Diffusion eine Mehrzahl von dotierten Gebieten 40 eines ersten Leitungstyps (z. B. p-leitend) und eine Mehrzahl von dotierten Gebieten 50 eines zweiten Leitungstyps (n-leitend) ausgebildet werden (Fig. 1b).

Die Schicht 11 mit den dotierten Gebieten 40, 50 wird dann mittels eines oder mehrerer herkömmlicher aus der Halbleittertechnik bekannter Photomasken- und Ätzprozesse zu ersten 4 und zweiten Körpern 5 strukturiert (Fig. 1c).

Nachfolgend wird die erste elektrisch leitfähige Schicht 10 ebenfalls mittels Photomaskentechnik und Ätzen derart strukturiert, daß auf dem ersten Substratwafer 1 eine Mehrzahl von voneinander getrennten Thermoelementzellen entstehen, die jeweils einen ersten Körper 4 und einen zweiten Körper 5 und eine diese verbindende erste elektrische Leiterbahn 3 aufweisen (Fig. 1d).

Die Strukturierung der ersten elektrisch leitfähigen Schicht 10 kann alternativ zu der oben beschriebenen Vorgehensweise auch vor dem Aufbringen der Schicht 11 aus thermoelektrischem Material erfolgen.

Weiterhin wird auf die der ersten Leiterbahn 3 gegenüberliegenden Seiten der ersten und zweiten Körper 4, 5 jeweils eine Metallisierungsschicht 13 aufgebracht, die z. B. aus einem Lot (z. B. AuSn) oder aus Gold besteht (Fig. 1d).

Vor, während oder nach diesem ersten Waferprozeß wird auf einer Hauptfläche 9 eines zweiten Substratwafers 2 eine zweite elektrisch leitfähige Schicht 12 ausgebildet (Fig. 1e) und zu zweiten elektrischen Leiterbahnen 6 strukturiert (Fig. 1f).

Analog zum Substratwafer 1 hat der zweite Substratwafer 2 insgesamt eine geringe elektrische Leitfähigkeit und besteht beispielsweise aus semi-isolierendem Silizium oder weist der Substratwafer 2 auf der Seite der Hauptfläche 9 eine elektrisch isolierende Schicht 15 (z. B. eine Si-Oxid- oder Si-Nitridschicht) auf.

Der zweite Substratwafer 2 wird nach der Strukturierung der zweiten Leiterbahnen 6 mit diesen auf die Metallisierungsschichten 13 der ersten und zweiten Körper 4, 5 gelegt und derart ausgerichtet, daß die zweiten Leiterbahnen 6 auf den Metallisierungsschichten 13 der ersten und zweiten Körper 4, 5 aufliegen und die vorher gebildeten Paare aus jeweils einem ersten und einem zweiten Körper 4, 5 seriell miteinander verschaltet (Fig. 1g).

Nachfolgend werden die zweiten elektrischen Leiterbahnen 6 und die Metallisierungsschichten 13 beispielsweise mittels Löten, Kleben oder Thermokompression miteinander verbunden.

Dieser Sandwichverbund aus den beiden Substratwafers 1, 2 und den dazwischenliegenden Thermoelementzellen

wird dann zu mehreren thermoelektrischen Wandlern ver einzelt, z. B. durch Sägen. Es können aus einem Sandwich verbund eine Mehrzahl verschiedener oder gleichartiger thermoelektrischer Wandler erzeugt werden. Die jeweils erste und letzte Thermoelementzelle einer Serienschaltung von Thermoelementzellen eines thermoelektrischen Wandlers weist je eine elektrische Anschlußfläche 30, 31 auf, über die der thermoelektrische Wandler beispielsweise mittels Bonddrähten 32, 33 elektrisch angeschlossen werden kann.

Die thermoelektrischen Wandler können aber ohne weiteres auch als SMD(Surface Mount Device)-Bauelemente ausgeführt werden, indem die elektrischen Anschlußflächen 30, 31 elektrisch leitend auf die der Hauptfläche 8 gegenüberliegende Seite des ersten Substratwafers 1 geführt werden.

Vorteilhaft beim Vereinzen des Sandwichverbunds ist ein zweiteiliger Sägeprozeß, bei dem einer der beiden Substratwafer 1, 2 kleiner hergestellt wird als der andere. Dies erleichtert das elektrische Anschließen des thermoelektrischen Wandlers (man vgl. Fig. 1g).

Die Leiterbahnen 3, 6 können alternativ zum oben beschriebenen Verfahren (ganzflächiges Beschichten der Substratwafer und nachträgliches Strukturieren) mittels Maskieren und Metallisieren oder Diffundieren von Dotierstoff in den jeweiligen Substratwafer 1, 2 unmittelbar strukturiert hergestellt werden.

Das in den Fig. 2a bis 2g dargestellte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem vorgenannten im Wesentlichen dadurch, daß zum Herstellen der ersten 4 und zweiten Körper 5 folgende Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- nach dem Ausbilden der ersten elektrisch leitfähigen Schicht 10 wird auf diese eine erste Schicht 20 aus thermoelektrischem Material, das den ersten Leitungstyp aufweist, abgeschieden (Fig. 2a und 2b);
- die erste Schicht 20 wird mittels Photomaskentechnik und Ätzen strukturiert, derart, daß auf der ersten elektrisch leitfähigen Schicht 10 eine Mehrzahl von voneinander getrennten Körpern 4 entsteht (Fig. 2c);
- auf die nach der Strukturierung der ersten Schicht 20 zwischen den ersten Körpern 4 freiliegende Oberfläche der ersten elektrisch leitfähigen Schicht 10 und auf die ersten Körper 4 wird eine zweite Schicht aus thermoelektrischem Material 21 aufgebracht, das den zweiten Leitungstyp aufweist (Fig. 2d); und
- die zweite Schicht aus thermoelektrischem Material 21 wird mittels Photomaskentechnik und Ätzen strukturiert, derart, daß auf der ersten elektrischen Schicht 10 zwischen den ersten Körpern 4 eine Mehrzahl von zweiten Körpern 5 entstehen (Fig. 2e).

Die erste elektrisch leitfähige Schicht 10 kann vor oder nach dem Aufbringen der ersten 20 und zweiten Schicht 21 aus thermoelektrischem Material zu ersten elektrischen Leiterbahnen 3 strukturiert werden.

Die Herstellung des zweiten Substratwafers 2 mit den zweiten elektrischen Leiterbahnen 6 und das Verbinden der beiden Wafer erfolgt analog zum ersten Ausführungsbeispiel (Fig. 2f und 2g).

Bei dem in den Fig. 3a bis 3f dargestellten Ausführungsbeispiel unterscheidet sich das Verfahren zum Herstellen der ersten und zweiten Körper 4, 5 von dem der Fig. 2a bis 2e im Wesentlichen dadurch, daß die zweite Schicht 21 aus thermoelektrischem Material, das den zweiten Leitungstyp aufweist, nicht auf dem ersten Substratwafer 1 abgeschieden wird. Hier wird nach dem Ausbilden der zweiten elektrisch leitfähigen Schicht 12 auf der Hauptfläche 9 des zweiten Substratwafers 2 auf dieser die zweite Schicht aus thermo-

elektrischem Material 21 abgeschieden und nachfolgend mittels Photomaskentechnik und Ätzen strukturiert, derart, daß auf der zweiten elektrisch leitenden Schicht 12 die zweiten Körper 5 entstehen.

Bei den Ausführungsbeispielen der Fig. 1a bis 1g und der Fig. 3a bis 3e kann oder können alternativ zum Verfahren mittels Abscheiden, die Schicht 11 aus thermoelektrischem Material bzw. die erste 20 und zweite Schicht 21 aus thermoelektrischem Material als Wafer hergestellt werden, die mit dem ersten Substratwafer 1 bzw. mit dem ersten 1 bzw. dem zweiten Substratwafer 2 mittels Waferboden verbunden werden. Als Bond- und Metallisierungsmaterial (für die elektrischen Leiterbahnen) kann Wolframsilizid verwendet werden.

In den Fig. 4a und 4b sind räumliche Darstellungen eines thermoelektrischen Wandlers gezeigt, der nach einem der oben beschriebenen Verfahren hergestellt ist. Fig. 4a ist eine Explosionsdarstellung und in Fig. 4b ist der zweite Substratwafer 2 transparent dargestellt.

Die Dicke der Substratwafer 1, 2 beträgt bei den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen vorteilhafterweise 100–300 µm. Die Dicke der Schichten 11, 20, 21 aus thermoelektrischem Material beträgt vorzugsweise ca. 50 µm. Die Dicke der elektrisch leitenden Schichten 10, 12 beträgt etwa 1 µm.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines thermoelektrischen Wandlers mit einer Mehrzahl von in Reihe geschalteten Thermoelementzellen, die mittels einer Mehrzahl von ersten elektrischen Leiterbahnen (3) seriell miteinander verbunden sind, und von denen jede einen ersten Körper (4) aus thermoelektrischem Material eines ersten Leitungstyps und einen zweiten Körper (5) aus thermoelektrischem Material eines zweiten Leitungstyps aufweist, die mittels einer zweiten elektrischen Leiterbahn (6) miteinander verbunden sind und die sandwichartig zwischen einem ersten (1) und einem zweiten elektrisch isolierenden oder eine elektrisch isolierende Schicht (14, 15) aufweisenden Substratwafer (2) angeordnet sind, bei dem:

- auf einer Hauptfläche (8) des ersten Substratwafers (1) die ersten elektrischen Leiterbahnen (3) erzeugt werden,
- auf einer Hauptfläche (9) des zweiten Substratwafers (2) die zweiten elektrischen Leiterbahnen (6) erzeugt werden,
- bei mindestens einem der beiden Substratwafere (1, 2) auf derselben Seite, auf der die Leiterbahnen (3, 6) erzeugt werden, mindestens eine Schicht aus thermoelektrischem Material (11) aufgebracht wird, aus der mittels Photomaskentechnik und Ätzen die ersten (4) und die zweiten Körper (5) erzeugt werden, und
- der erste und der zweite Substratwafer (1, 2) miteinander verbunden werden, derart, daß die ersten und zweiten elektrischen Leiterbahnen (3, 6) und die ersten und die zweiten Körper (4, 5) zwischen den beiden Substratwafere (1, 2) angeordnet sind und die Mehrzahl von in Reihe geschalteten Thermoelementzellen ausbilden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem zum Erzeugen der ersten (3) und zweiten Leiterbahnen (6) und der ersten (4) und zweiten Körper (5) folgende Verfahrensschritte zum Einsatz kommen:

- Ausbilden einer ersten elektrisch leitfähigen Schicht (10) auf der Hauptfläche (8) des ersten

## Substratwafers (1),

- Aufbringen einer Schicht aus thermoelektrischem Material (11) auf die erste elektrisch leitfähige Schicht (10),
- Ausbilden einer Mehrzahl von dotierten Gebieten des ersten Leitungstyps (40) und einer Mehrzahl von dotierten Gebieten des zweiten Leitungstyps (50) in der Schicht aus thermoelektrischem Material (11),
- Strukturieren der Schicht aus thermoelektrischem Material (11) mittels Photomaskentechnik und Ätzen zu ersten (4) und zweiten Körpern (5),
- Strukturieren der ersten elektrisch leitfähigen Schicht (10) zu ersten Leiterbahnen (3),
- Ausbilden einer zweiten elektrisch leitfähigen Schicht (12) auf der Hauptfläche (9) des zweiten Substratwafers (2) und
- Strukturieren der zweiten elektrisch leitfähigen Schicht (12) zu zweiten Leiterbahnen (6).

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem vor dem Aufbringen der Schicht aus thermoelektrischem Material (11) die erste elektrisch leitfähige Schicht (10) zu ersten Leiterbahnen (3) strukturiert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem zum Erzeugen der ersten (3) und zweiten Leiterbahnen (6) und der ersten (4) und zweiten Körper (5) folgende Verfahrensschritte zum Einsatz kommen:

- Ausbilden einer ersten elektrisch leitfähigen Schicht (10) auf der Hauptfläche (8) des ersten Substratwafers (1),
- Aufbringen einer ersten Schicht aus thermoelektrischem Material (20), das den ersten Leitungstyp aufweist, auf die erste elektrisch leitfähige Schicht (10),
- Strukturieren der ersten Schicht aus thermoelektrischem Material (20) mittels Photomaskentechnik und Ätzen zu ersten Körpern (4),
- Aufbringen einer zweiten Schicht aus thermoelektrischem Material (21), das den zweiten Leitungstyp aufweist, auf die nach der Strukturierung der ersten Schicht aus thermoelektrischem Material (20) zwischen den ersten Körpern (4) freiliegende Oberfläche der ersten elektrisch leitfähigen Schicht (10),
- Strukturieren der zweiten Schicht aus thermoelektrischem Material (21) mittels Photomaskentechnik und Ätzen zu zweiten Körpern (5),
- Strukturieren der ersten elektrisch leitfähigen Schicht (10) zu ersten Leiterbahnen (3),
- Ausbilden einer zweiten elektrisch leitfähigen Schicht (12) auf der Hauptfläche (9) des zweiten Substratwafers (2) und
- Strukturieren der zweiten elektrisch leitfähigen Schicht (12) zu zweiten Leiterbahnen (6).

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem vor dem Aufbringen der ersten Schicht aus thermoelektrischem Material (20) die erste elektrisch leitfähige Schicht (10) zu ersten Leiterbahnen (3) strukturiert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem zum Erzeugen der ersten (3) und zweiten Leiterbahnen (6) und der ersten (4) und zweiten Körper (5) folgende Verfahrensschritte zum Einsatz kommen:

- Ausbilden einer ersten elektrisch leitfähigen Schicht (10) auf der Hauptfläche (8) des ersten Substratwafers (1),
- Aufbringen einer ersten Schicht aus thermoelektrischem Material (20), das den ersten Leitungstyp aufweist, auf die erste elektrisch leitfähig-

## hige Schicht (10),

- Strukturieren der ersten Schicht aus thermoelektrischem Material (20) mittels Photomaskentechnik und Ätzen zu ersten Körpern (4),
- Strukturieren der ersten elektrisch leitfähigen Schicht (10) zu ersten Leiterbahnen (3),
- Ausbilden einer zweiten elektrisch leitfähigen Schicht (12) auf der Hauptfläche (9) des zweiten Substratwafers (2),
- Aufbringen einer zweiten Schicht aus thermoelektrischem Material (21), das den zweiten Leitungstyp aufweist, auf die zweite elektrisch leitfähige Schicht (12),
- Strukturieren der zweiten Schicht aus thermoelektrischem Material (21) mittels Photomaskentechnik und Ätzen zu zweiten Körpern (5) und
- Strukturieren der zweiten elektrisch leitfähigen Schicht (12) zu zweiten Leiterbahnen (6).

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem vor dem Aufbringen der ersten Schicht aus thermoelektrischem Material (20) die erste elektrisch leitfähige Schicht (10) zu ersten Leiterbahnen (3) strukturiert wird und/oder vor dem Aufbringen der zweiten Schicht aus thermoelektrischem Material (21) die zweite elektrisch leitfähige Schicht (12) zu zweiten Leiterbahnen (6) strukturiert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1, 2, oder 3, nach Anspruch 4 oder 5 oder nach Anspruch 6 oder 7, bei dem die Schicht (11) aus thermoelektrischem Material, die erste Schicht (20) aus thermoelektrischem Material bzw. die erste (20) und die zweite Schicht (21) aus thermoelektrischem Material als Wafer hergestellt werden, die mit dem ersten Substratwafer (1) bzw. mit dem ersten (1) bzw. dem zweiten Substratwafer (2) mittels Waferbonden, insbesondere mittels Thermokompression, Löten, Kleben oder anodischem Bonden, verbunden werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem als Substratwafer (1,2) Si-Wafer verwendet werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die ersten und die zweiten Körper aus Vielschichtsystemen hergestellt werden, die aus einer Vielzahl von Schichten unterschiedlicher Materialzusammensetzung bestehen.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

FIG 1 A

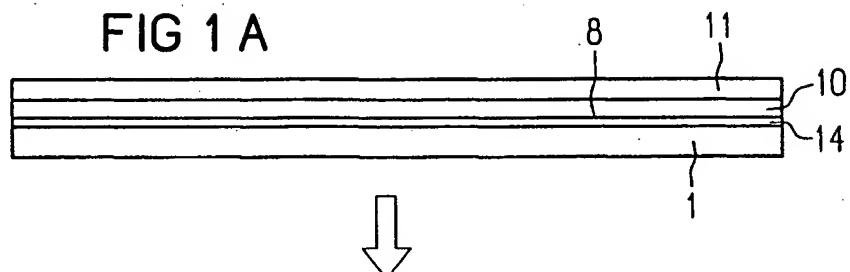


FIG 1 B

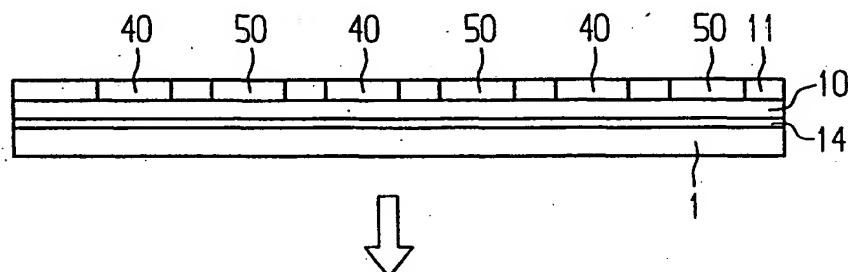


FIG 1 C

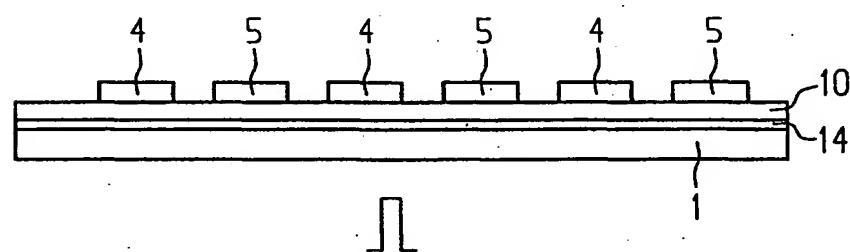


FIG 1 D

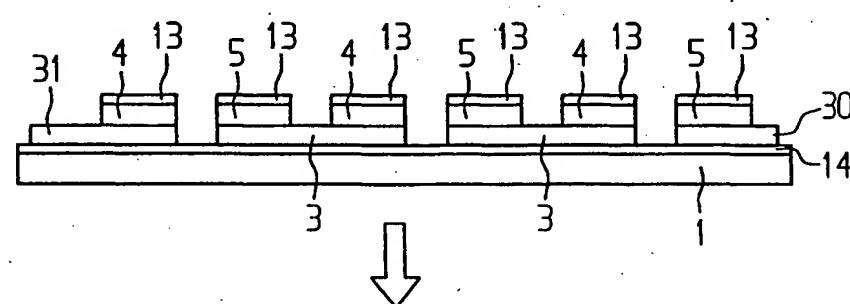


FIG 1 E

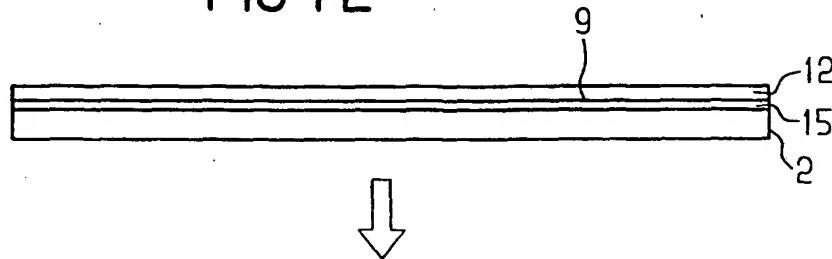


FIG 1 F

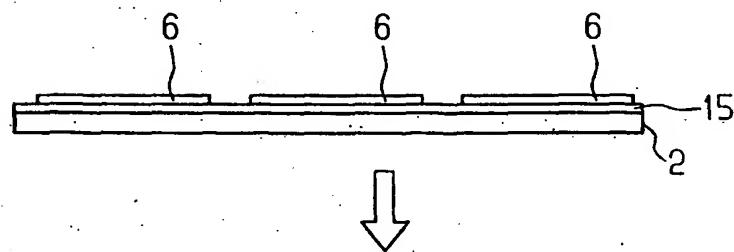


FIG 1 G

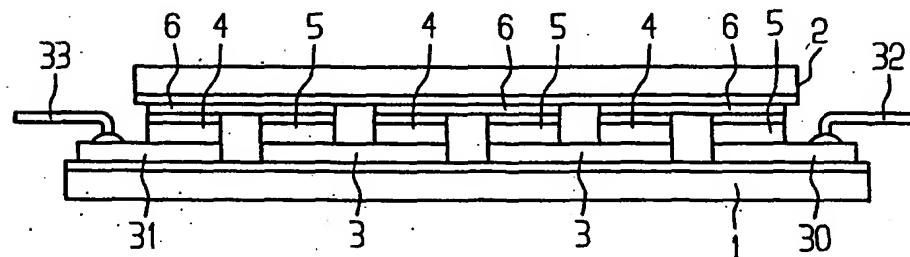


FIG 2A

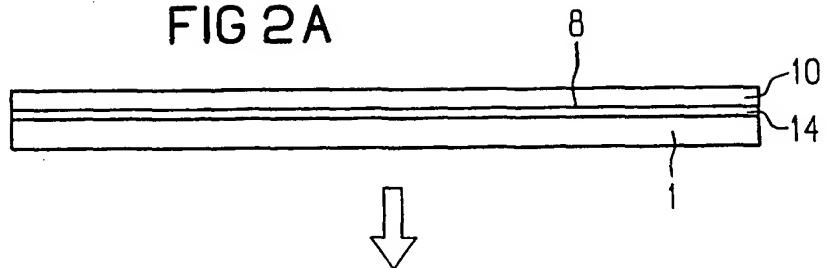


FIG 2B

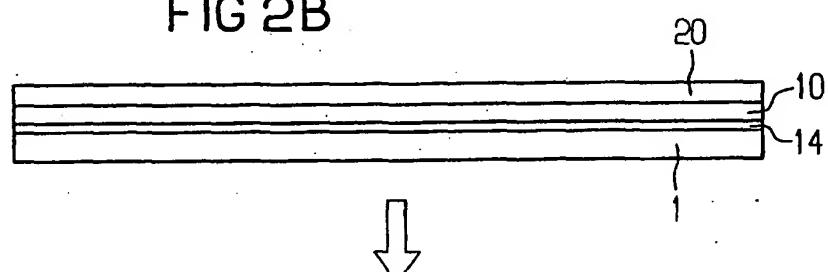


FIG 2C

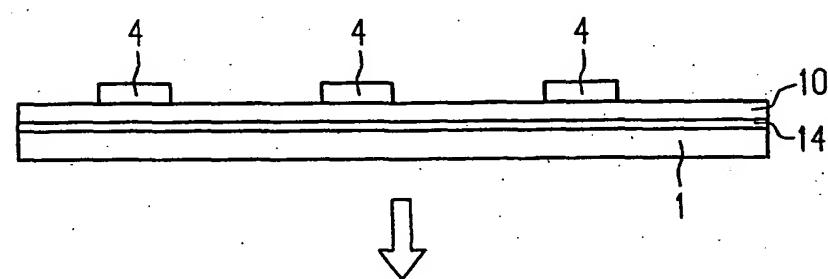


FIG 2D

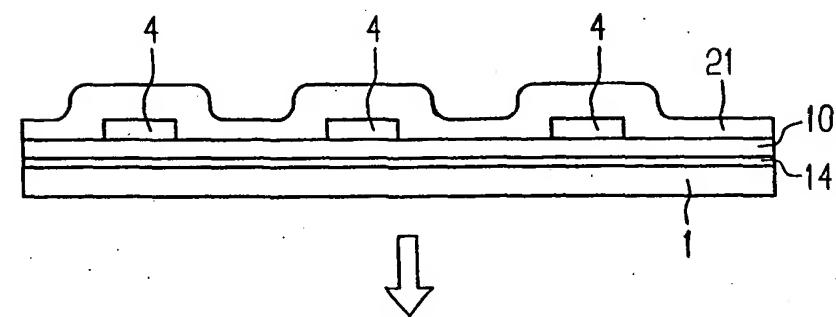


FIG 2E

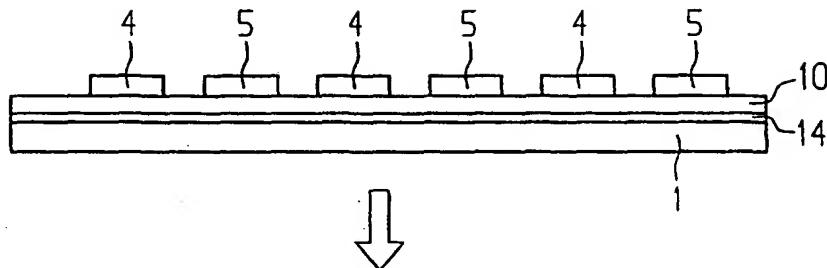


FIG 2F

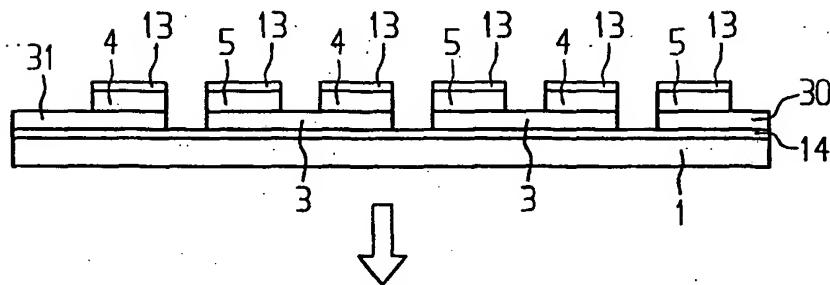
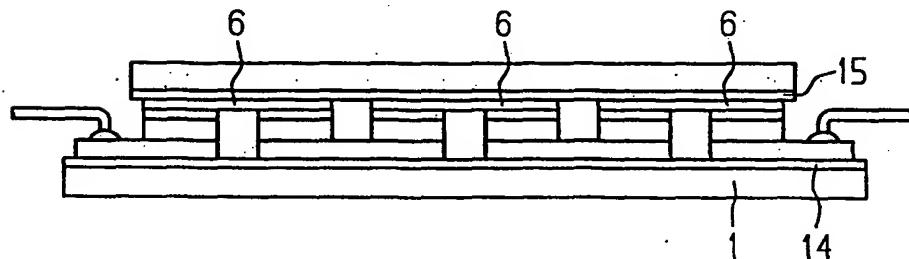


FIG 2G



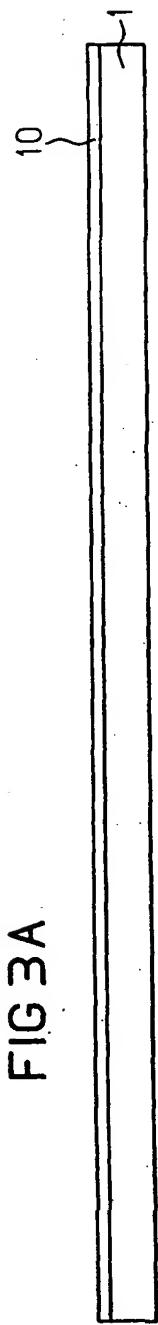


FIG 3A

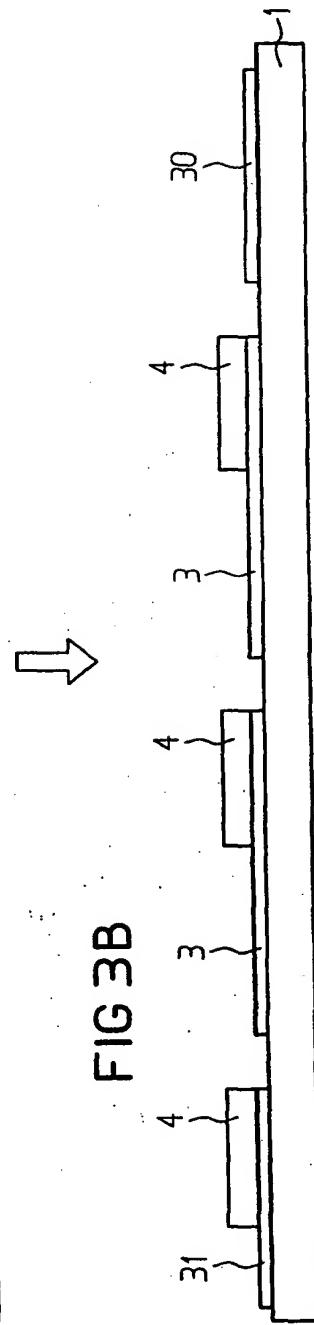


FIG 3B

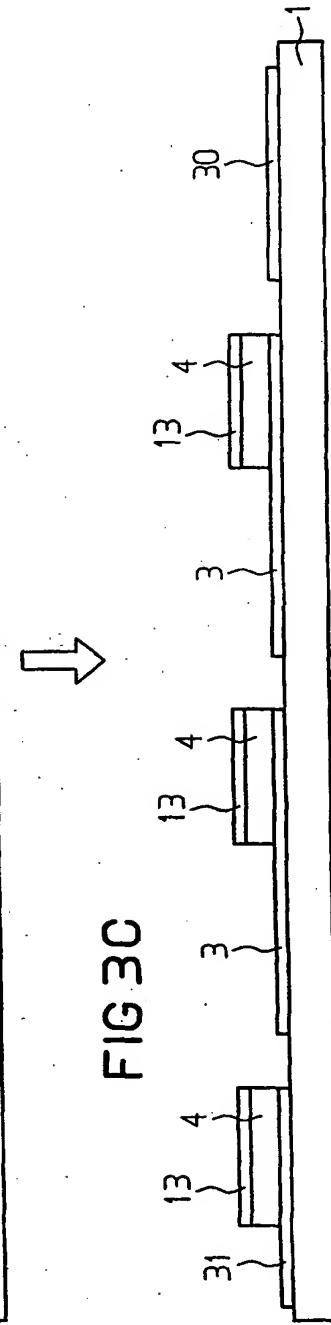


FIG 3C

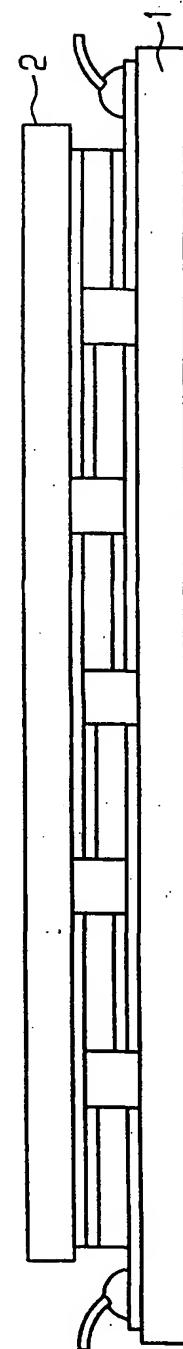
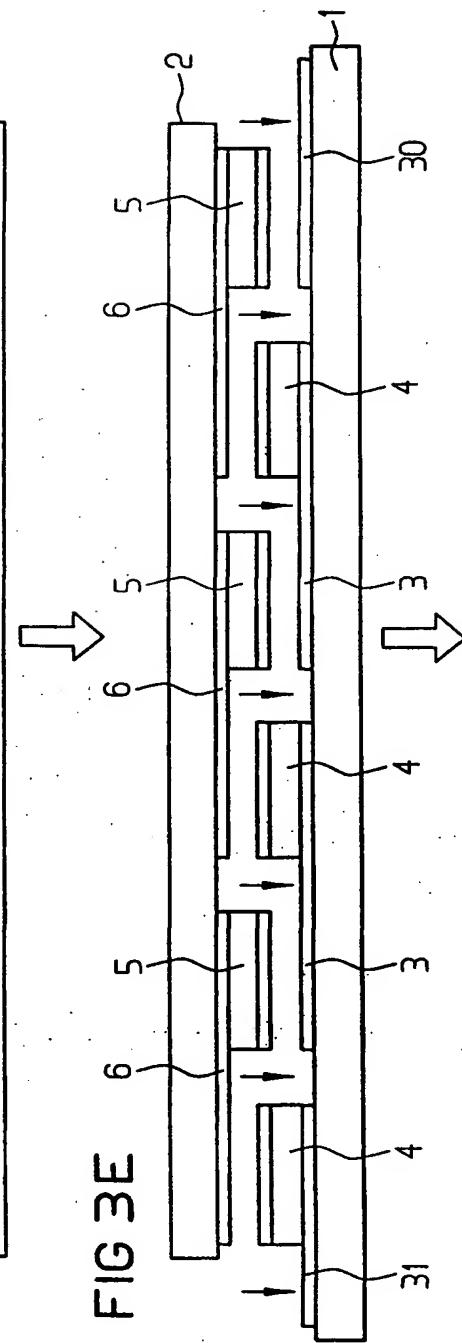
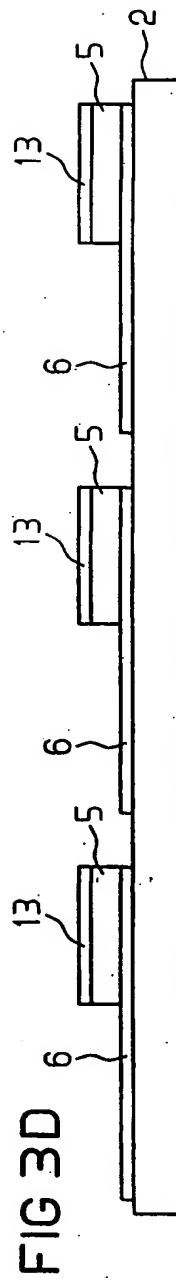


FIG 4A

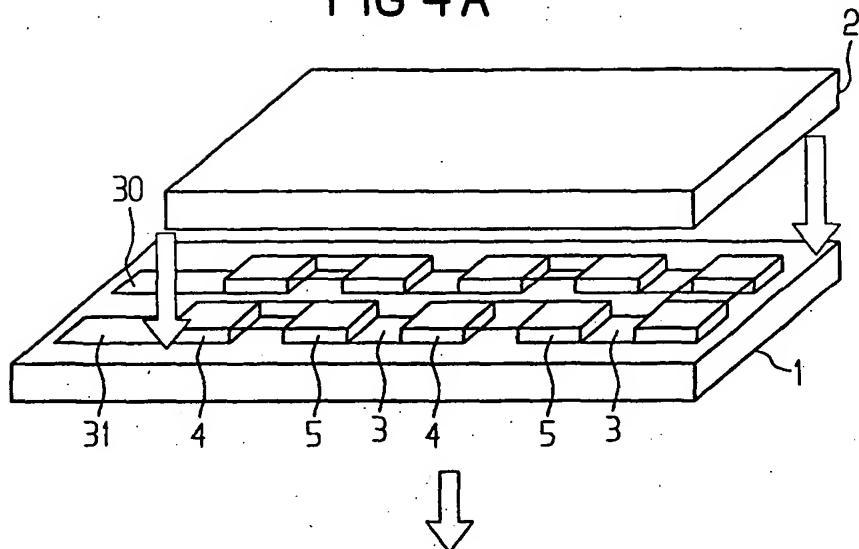
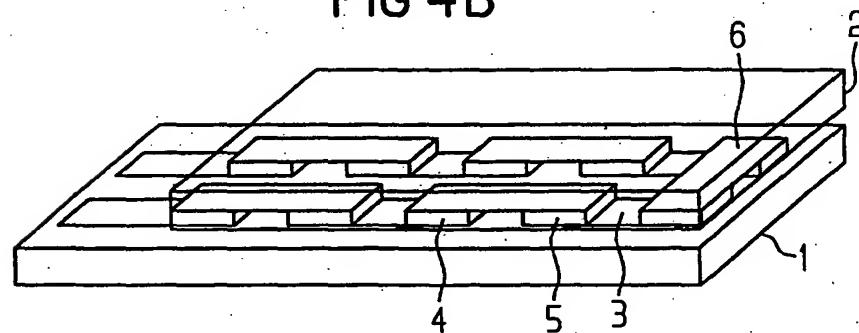


FIG 4B



**No English title available .**

Patent Number: DE19845104  
Publication date: 2000-04-06  
Inventor(s): SCHUBERT AXEL (DE); ACKLIN BRUNO (DE); BOETTNER HARALD (DE); SCHLERETH KARL-HEINZ (DE)  
Applicant(s): SIEMENS AG (DE)  
Requested Patent: DE19845104  
Application Number: DE19981045104 19980930  
Priority Number (s): DE19981045104 19980930  
IPC Classification: H01L35/32; H01L35/14; H01L35/04  
EC Classification: H01L35/32, H01L35/34  
Equivalents: EP1118127 (WO0019548), JP2002526933T, WO0019548

---

**Abstract**

---

The invention relates to a process for producing a thermoelectric converter comprising a plurality of thermoelement cells which are connected in series. The thermoelement cells are connected in series by a plurality of first electric conductive tracks (3). Each conductive track comprises a first body (4) having a first type of conductivity consisting of thermoelectric material and a second body (5) having a second type of conductivity consisting of thermoelectric material. The thermoelement cells are produced by process steps known from semiconductor technology.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

DOCKET NO: 1&U-IT-458

SERIAL NO: \_\_\_\_\_

APPLICANT: Harold Butweber

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100